

Telefonía móvil: una utopía nacida con el DynaTAC 8000X*¹

[Mobile telephony: an utopia born with DynaTAC 8000X]

DANIELA VARGAS PATIÑO², JUAN CAMILO CARDONA GUTIÉRREZ³

Recibo: 20.08.2015 – Aprobación: 04.04.2016

Resumen

La telefonía celular es actualmente, uno de los servicios de comunicación más usados en el mundo. Por supuesto, no siempre ha sido así. Su origen y evolución ha sido rápida y exponencial, y en cincuenta años, ha pasado de ser una tecnología emergente con un uso discreto, a prácticamente ser una necesidad en la vida de las personas. El presente artículo describe las generaciones de telefonía móvil celular desde sus inicios hasta las posibles tecnologías que inundarán el mercado en los próximos años, pasando de cómo se dejó de utilizar transmisión analógica para entrar a transmisión digital, se hará una revisión de los diferentes escalones de la tecnología que permite a los celulares, y su funcionamiento.

Palabras Claves: Telefonía Celular, 3G, 4G, GSM.

Abstract

The cell phone is now one of the most used communication services in the world. Of course it has not always been so. Its origin and evolution has been rapid and exponential, and in fifty years, has gone from being an emerging technology with a discreet use, to practically a necessity in the lives of people. This

* **Modelo para la citación de este artículo:**

VARGAS PATIÑO, Daniela & CARDONA GUTIÉRREZ, Juan Camilo (2016). Telefonía móvil: una utopía nacida con el DynaTAC 8000X. En: Ventana Informática No. 34 (ene-jun). Manizales (Colombia): Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Manizales. p. 25-40. ISSN: 0123-9678

- 1 Artículo de revisión proveniente de ejercicio de investigación en la asignatura Práctica Investigativa III, en el programa de Ingeniería de Sistemas y Telecomunicaciones, Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad de Manizales.
- 2 Estudiante de pregrado de Ingeniería de Sistemas y Telecomunicaciones. Universidad de Manizales (Manizales, Caldas, Colombia). Correo electrónico: daniellavargas@gmail.com
- 3 Estudiante de pregrado de Ingeniería de Sistemas y Telecomunicaciones. Universidad de Manizales (Manizales, Caldas, Colombia). Correo electrónico: juanc.cardona@umanizales.edu.co

article describes each generation of mobile telephony since its beginnings to the possible technologies that will invade the market in future years. Studying also how the world stopped using analog transmission to enter in digital transmission, in this article will review the different levels of technology that allows cell phones, and their operation.

Keywords: Cell phone, 3G, 4G, GSM.

Introducción

La tecnología ha revolucionado el sistema de comunicación humana. Con la invención del teléfono, y su posterior evolución a los celulares y *smartphones*, se facilita la conversación o comunicación sin importar las distancias, convirtiéndose en dispositivo de uso cotidiano y casi imperativo: *«ningún artefacto de comunicación se había diseminado con tanta rapidez ni había inducido en tan poco tiempo efectos múltiples en las relaciones humanas, el comportamiento público, la modificación de los conceptos de espacio público y privado, así como reacciones ambivalentes en los usuarios»* (Ruelas, 2009, 144). Para Gugerli (1997, 32), todo cambio técnico en telecomunicación está ligado directamente a un cambio social, en tanto Cabrera (2006, 96) cataloga el teléfono celular como un aparato que se ha naturalizado en la sociedad contemporánea.

Los celulares son una tecnología relativamente nueva, de ahí el asombro que causa su evolución y aceptación en la sociedad. Aunque inicialmente los teléfonos celulares eran de uso reducido, debido a los altos costos y su dificultad para transportarlos, con los cambios tecnológicos y de diseño se logró su aceptación e incorporación creciente hasta lograr la masificación.

En el artículo se describe la historia y evolución de la telefonía celular, sus orígenes, y factores que posibilitan el auge actual, así como aspectos técnicos que permiten su funcionamiento y las diferentes tecnologías que han surgido. Lo anterior para dar una visión de las tecnologías utilizadas en las comunicaciones inalámbricas e intentar pronosticar la posible e inminente evolución de las mismas.

1. Inicios de la telefonía celular

Las comunicaciones juegan un papel muy importante en la sociedad, pues permiten la constante interrelación y comunicación entre personas, culturas, empresas y demás actores de sociedad moderna, sin importar las distancias. Las comunicaciones son indispensables para el mundo actual, se puede afirmar que sin ellas, la sociedad como se conoce no

podría existir. Para entender las posibles evoluciones de las tecnologías de las comunicaciones, es conveniente, tener una visión de la evolución que han tenido las mismas a través de los años.

Puede considerarse a la creación del teléfono, en 1854⁴, como un hito en las tecnologías de la comunicación. Thomas Alva Edison le introdujo notables mejoras como la *«adecuación del micrófono de gránulos de carbón, que aumenta de forma considerable la potencia emitida y por tanto, el alcance máximo de la comunicación»* (Huidobro, 2005, 2). Otro aporte para el surgimiento de la telefonía celular, es el estudio de las ondas electromagnéticas y su capacidad de transmitir información radiada por Guillermo Marconi entre 1894 a 1907, detectando la posibilidad de transmitir información inalámbrica, que según Goggin (2012, 22), se convirtió en un dispositivo social y para 1920 tomó un rol fundamental en la esfera doméstica propiciando su evolución.

El surgimiento del teléfono móvil, señala Espino & Martín (2012, 71), inicia en la segunda guerra mundial, al necesitarse una herramienta que permitiera la comunicación inalámbrica. Motorola desarrolla el *Handie Talkie H12-26, «fabricado en Estados Unidos en 1940, y era muy pesado (35 lb, alrededor de 16 kg)»* (Poole, 2006, 6), que a pesar de su peso y tamaño⁵, permitía el contacto entre tropas vía ondas de radio aunque su banda de frecuencia no superara los 60 MHz, como comenta Basterretche (2007, 2). El 17 de julio de 1946, informa León (2007, 23), AT&T introdujo el primer servicio telefónico móvil, con seis canales en la banda de MHz con espacio entre canales de 60 KHz y una antena muy potente, para interconectar usuarios móviles (se movilizaban en autos) con la red de telefonía pública (estaciones fijas)⁶. Para 1947, *«el servicio se ofrecía en 25 ciudades de los Estados Unidos, contando con 44,000 usuarios»* (Mare, 2003, 9). Rodríguez (2006, 5) señala que su funcionamiento se basaba en la transmisión de frecuencia modulada a 120 KHz del espectro, voz con un ancho de banda de 3KHz, utilizando un solo transmisor para una cobertura de 80 Km de la base.

4 El teléfono, patentado por Alexander Graham Bell el 14 de febrero de 1876, según Bekkers (2001, 26), e inventado por Antonio Meucci, fue concebido, afirma Serrano et al. (2010, 58), como un aparato capaz de transmitir señales acústicas a distancia por medio de señales eléctricas.

5 Su peso y tamaño implicó el uso desde vehículos: *«generalmente se instalaba el equipo de radio en el maletero y se pasaba un cable con el teléfono hasta el salpicadero del coche»* (Manso, 2015, 10).

6 *«La demanda para el servicio de telefonía móvil creció rápidamente y permaneció por detrás de la capacidad disponible en muchas de las ciudades de gran tamaño. Es increíble que a pesar de la demanda hayan pasado más de 30 años para cubrir las necesidades de telefonía móvil. La capacidad del sistema era menor que el tráfico que tenía que soportar, por ello, la calidad del servicio era terrible, las probabilidades de bloqueo eran del 65% o más altas»* (González, Guillén & Montiel, 2004, 8).

«En 1956, la Bell System comenzó a dar servicio en los 450 MHz, que era una nueva banda para tener una mayor capacidad. En 1958, la Richmond Radiotelephone Co. mejoró su sistema de marcado conectando rápidamente las llamadas de móvil a móvil. En los años subsecuentes, se asignaron frecuencias para sistemas de telefonía móvil en todo el mundo; sin embargo los equipos no eran capaces de evitar interferencias lo cual limitaba el número de canales disponibles.

A mediados de los 60s el Sistema Bell introdujo el Servicio Telefónico Móvil Mejorado (Improved Mobile Telephone Service, IMTS) con características mejoradas» (Lara, 2006, 2-3).

Las mejoras en el diseño de transmisores y receptores permitieron una reducción en el ancho de banda del canal de FM de 25 a 30 KHz. En 1978, en EUA, *«comenzó a operar el Servicio Telefónico Móvil Avanzado o Advanced Mobile Phone Service AMPS. En ese año, 10 células cubrían 355000 km cuadrados en el área de Chicago, operando en las nuevas frecuencias en la banda de 800 MHz»* (León, 2007, 24). Lara (2006, 5), señala un rápido desarrollo de AMPS⁷, iniciando operaciones en Arabia Saudita (mayo de 1978), Tokio (diciembre de 1979) y México (1981).

A principio de los 80, surgió la Primera Generación de telefonía móvil (1G), con la aparición del Motorola DynaTAC 8000X, explica Martínez (2001, 2). Según Priede & Martín (2007, 2), la tecnología predominante fue AMPS, estrictamente para voz con baja calidad de los enlaces y una transferencia de celdas imprecisa por su poca capacidad.

2. Segunda generación: GSM

Szymanczyk (2013, 185) indica que la telefonía era de transmisión analógica hasta 1992, cuando en EUA comienza la transmisión digital aplicada a la telefonía celular, surgiendo la segunda generación⁸ (2G), *«caracterizada por la digitalización de la información de voz y el consiguiente aumento de la eficiencia espectral, lo que permitió un incremento de la calidad y la prestación de nuevos servicios, como la mensajería instantánea (SMS)»* (Naciones Unidas, 2008, 133).

⁷ *«Estas redes utilizaba circuitos integrados LS, una computadora dedicada y un sistema de conmutación, probando de esta manera que los sistemas celulares podrían funcionar»* (León, 2007, 24).

⁸ Mayoral (2004, 2), plantea una generación GPRS (General Packet Radio Service), o 2.5G, caracterizada, según Ramírez (2008, 496), por el uso simultáneo de varios canales mediante técnicas de empaquetado, que consiguen velocidades de transmisión de datos hasta cuatro veces superior a las logradas con un canal.

GSM⁹ es un estándar creado por CEPT, señala Mare (2003, 18), y posteriormente desarrollado por ETSI con el fin de estandarizar la tecnología celular en Europa, aunque, como informa Korhonen (2003, 8), en septiembre de 2002 funcionaba en 460 redes en el mundo, sirviendo a 747.5 millones de usuarios.

Para Stüber (2011, 4), GSM soporta operación de voz de relación completa de ocho *slots* por *carrier* y también de relación media de 16 *slots* por *carrier*, así como servicios de datos sincrónicos y asincrónicos a velocidades de 2.4, 4.8 y 9.6 kb/s. Por otro lado, *«para permitir la recuperación de la señal por el receptor (...), la señal vocal se convierte primeramente, mediante un vocoder, en un flujo de datos de 13 Kbps utilizando el método de codificación RPE-LPT (Regular Pulse Excitation-Long Term Prediction) y, posteriormente, se incrementa su velocidad hasta 22,8 Kbps cuando se introducen los códigos de detección de errores»* (Fernández, González & Rubio, 2002, 21), cuando se introducen los códigos de detección de errores con, como señala Sauter (2014, 8), los protocolos MAP, BSSMAP y DTAP, que hacen parte del gran protocolo SS-7.

Respecto a la Arquitectura de una red GSM, para Kumar (2008, 3), fue el primer sistema celular en usar modulaciones digitales, arquitecturas y servicios basados en red. La arquitectura de una red GSM se establece a partir de una serie de puntos claves y estaciones que permiten la interacción en armonía de todo el sistema. *«Se suele dividir, generalmente, en tres sistemas principales. A su vez, cada uno de ellos, está compuesto por distintas unidades funcionales que actúan como componentes individuales dentro de la red. Los tres sistemas: Sistema de Conmutación (SS, Switching System), Sistema de Estación Base (BSS, Base Station System) y Sistema de Operación y Soporte (OSS, Operation and Support System)»* (Lizón, 2001, 7), como se muestra en la Figura 1.

Su uso ofrece ventajas relacionadas con las posibilidades para manejar llamadas de voz y las velocidades de conexión de datos, pues *«posibilita la creación de redes privadas virtuales; es compatible con la RDSI; permite la identificación de un abonado bajo dos números distintos ofrece un servicio de mensajes cortos (SMS) de hasta 160 caracteres alfanuméricos»* (Fernández, González & Rubio, 2002, 18). Además, ofrece servicios suplementarios como el desvío hacia otro número de la red móvil o de la red fija, restricción y retención de llamadas, indicación de llamada en espera, multiconferencia, identificación de la línea llamante,

9 Acrónimo de *Group Special Mobile* (Grupo Especial Móvil), también llamado *Global System for Mobile communications* (Sistema global para las comunicaciones móviles).

ocultación de la propia identidad, números de marcación fija, restricción de itinerancia, restricción de acceso al sistema de comunicaciones móviles Inmarsat, consulta a un buzón de voz, indicación del costo de la llamada, fijación del consumo máximo, etc.

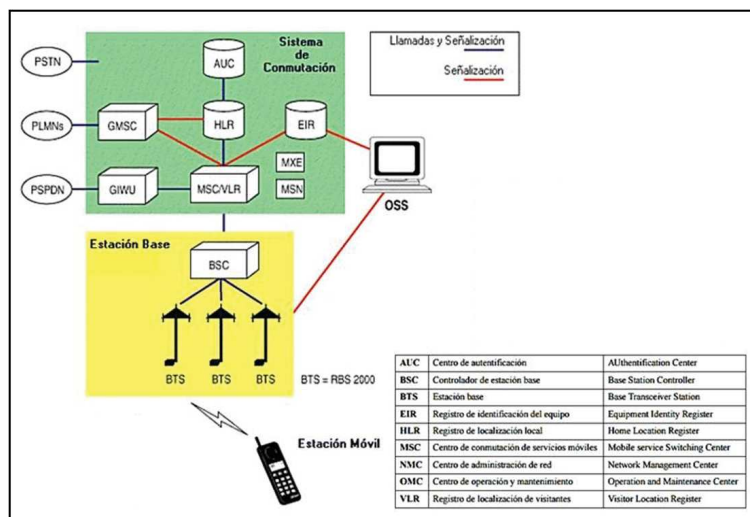


Figura 1. Estructura de la red GSM (Adaptado de Lizón, 2001, 7-8)

Es pertinente señalar que «desde un principio, los creadores de GSM intentaron lograr la compatibilidad con la RDSI en términos de servicios ofrecidos y señalización de control utilizada, sin embargo, las limitaciones del radioenlace en términos de ancho de banda y costes no permitieron que los estandarizados 64 Kbps de tasa de transmisión de un canal B sobre RDSI se alcancen en la práctica» (Velasco, 2005, 24).

3. Tercera generación

De acuerdo con Rojas (2009, 4), es un servicio de comunicaciones inalámbricas que permite estar conectado de forma permanente a Internet a través de dispositivos móviles con mejor calidad, fiabilidad, velocidad de transmisión de datos y ancho de banda superior, teniendo velocidades de datos de hasta 384 Kbps (casi siete veces más rápida que una conexión telefónica estándar). «Se caracteriza por fusionar todas las tecnologías anteriores con las nuevas tecnologías incorporadas en los teléfonos celulares. Los aparatos cuentan con chip, tarjeta SIM donde se encuentra ingresada toda la información» (Alvarado & Méndez, 2014, 13), e implica el uso de UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), que, según García (2009,

137), posee un ancho de banda de 2 MB/S e integra telefonía móvil y conexión a internet por banda ancha, propiciando el surgimiento de teléfonos inteligentes (*smartphones*).

La *International Telecommunication Union* definió las demandas de redes 3G con el estándar IMT2000, mediante el sistema móvil UMTS (*Universal Mobile Telephone System*), estudiado y desarrollado como un proyecto del programa RACE de la Comunidad Europea, según informa García (1998, 39). Dicho estándar, desarrollado a partir de WCDMA¹⁰, se vale de componentes nuevos para la tecnología celular, como el uso de estaciones base (BS), que proveen funcionalidades entre MSC y componen el núcleo de las células, señala Arokiamary (2009, 10), así como controladores de red por radio RNC, el uso de centros MSC con soporte CDMA banda ancha llamados WMSC y SGSN/GGSN, considerados por Mishra (2004, 6).

Para Rojas (2009, 5), UMTS se define como un sistema por capas (Figura 2), donde la superior es para servicios de despliegue en forma rápida; en el centro se encuentra la capa de control que ayuda en la mejora de los procedimientos y permite dinamismo en la capacidad de la red, mientras en la zona baja se ubica la capa de conectividad, responsable de la transmisión de datos y el tráfico de voz.

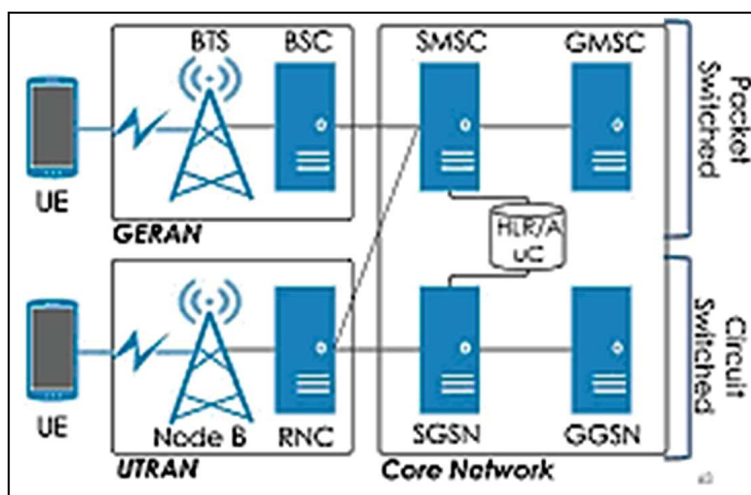


Figura 2. Diagrama de Arquitectura UMTS (Adaptado de Franklin, 2014, 63)

¹⁰ Una tecnología móvil inalámbrica que aumenta las tasas de transmisión de datos de los sistemas GSM utilizando la interfaz aérea CDMA en lugar de TDMA (*Time Division Multiple Access*), la cual posibilita a 3G ofrecer velocidades de datos en aparatos inalámbricos portátiles mucho más altas, señala Rojas (2009, 4).

3G evoluciona de la 2G, cuyas redes se construyeron principalmente para datos de voz y transmisiones lentas, debido a las altas expectativas de los usuarios se fueron produciendo cambios rápidos. Para Rojas (2009, 6), la evolución se da a partir de TDMA, el cual cambia a EDGE (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution*) y después a UMTS. Sin embargo, afirma Sauter (2013, 5), lo que permitió una verdadera evolución fue el GPRS (*General Packet Radio Service* o Servicio general de paquetes de radio), introducido a las redes GSM¹¹ a comienzos del 2001.

Las redes 3G, según Rojas (2009, 6), ofrecen mayor grado de seguridad en comparación con sus predecesoras, al permitir la autenticación de la red a la que se está conectando (puede asegurarse si la red es la intencionada y no una imitación) y usar el cifrado por bloques Kasumi¹². No obstante a su introducción exitosa, surgieron algunas cuestiones, señaladas por Rojas (2009, 7), como el costo de los aparatos móviles 3G, la falta de cobertura por ser un servicio nuevo en algunos países, altos costos en el uso de los servicios inalámbricos, además de no necesitarse todas las aplicaciones de la tecnología (por ejemplo, la realización de video llamadas).

4. Cuarta generación

Según Cox (2012, 9), surge gracias al exponencial incremento del uso de los teléfonos móviles, popularizados después del 2007 con la aparición del *Iphone* de *Apple* y los teléfonos basados en el sistema operativo *Android*. Para Castellón (2012), esta generación se basa totalmente en IP, alcanzándose después de la convergencia entre las redes de cables e inalámbricas, así como en ordenadores, dispositivos eléctricos y tecnologías de la información, además de otras convergencias¹³ para proveer velocidades de 100 Mbps en movimiento y 1 Gbps en reposo, manteniendo una calidad de servicio de punta a punta, ofreciendo un mayor ancho de banda que permite servicios como la recepción de televisión en Alta Definición.

11 «Esta red móvil que en algún momento se pensó que era sólo para hablar, hoy puede ayudar a disminuir la brecha de información. La ventaja de la red móvil es que las personas muchas veces necesitan procesar la información cuando están en movimiento» (Rojas, 2009, 6).

12 «El cifrado en flujo A5/1 y su versión A5/2 fueron utilizados en el estándar de telefonía 2G o GSM. En ambos cifrados se detectaron serias debilidades, razón por la cual el sistema de cifrado en bloque conocido como Kasumi los sustituyó en la tecnología 3G o UMTS» (Molina, Caballero & Fúster, 2014, 53).

13 Esta convergencia, consideran Manosalvas & Santamaría (2012, 41-44), nace de la necesidad de agrupar los diferentes estándares en uso para delimitar el ámbito de funcionamiento individual e integrar todas las posibilidades de comunicación en un único dispositivo de forma transparente al usuario.

La 4G no es una tecnología o estándar definido, sino una colección de tecnologías y protocolos para permitir el máximo rendimiento de procesamiento con la red inalámbrica más barata. Su objetivo consiste en *«garantizar una calidad de servicio y el cumplimiento de los requisitos mínimos para la transmisión de servicios de mensajería multimedia, video chat, TV móvil o servicios de voz y datos en cualquier momento y en cualquier lugar utilizando siempre el sistema que mejor servicio proporcione. En resumen, el sistema 4G debe ser capaz de compartir dinámicamente y utilizar los recursos de red economizando los requerimientos del usuario»* (Castellón, 2012).

Algunos de los estándares fundamentales para 4G son *Wimax*, *Wibro*, y 3GPP LTE (*Long Term Evolution*). García & Osorio (2011, 33), consideran que para hacer realidad esta red se requiere no integrar las tecnologías existentes (2G, 3G), y usar nuevos esquemas de modulación o sistemas de antenas que permitan la convergencia de los sistemas inalámbricos. La tecnología aceptada y estandarizada para 4G es LTE¹⁴, señala Agilent Technologies (2013, 12), que nace del proyecto 3GPP y corresponde a una evolución de UMTS (Figura 3). Sin embargo, plantean Mashipour & Agbinya (2009, 33), en países del tercer mundo, donde los recursos para la implementación de infraestructura no son abundantes, es importante disponer de tecnologías alternativas como *WiMax* que provee comunicación banda ancha y soporta movilidad por parte del usuario.

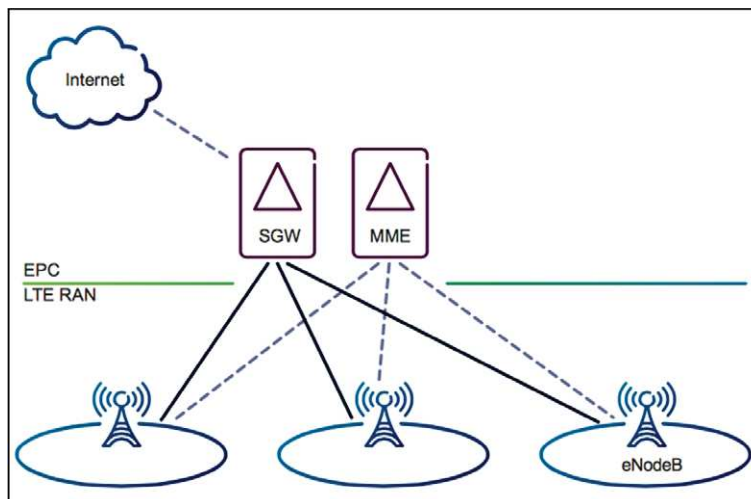


Figura 3. Arquitectura Long Term Evolution LTE (Adaptado de Ericsson, 2011, 3)

¹⁴ «En 2010, el cifrado Kasumi fue atacado y roto con recursos computacionales muy modestos y en consecuencia, el sistema de cifrado tuvo que ser modificado de nuevo para la tecnología del nuevo estándar 4G o LTE, de manera que fue el cifrado en flujo SNOW 3G el que se propuso para la protección de la confidencialidad e integridad de las comunicaciones» (Molina, Caballero & Fúster, 2014, 53).

Los componentes fundamentales de una red 4G que considera Castellón (2012), son: Sistemas Multiantena (MIMO), SDR (*Software Define Radio*), Estándar IPv6, Redes Adhoc y Codificación y modulación adaptativa (AMC), Sistemas de acceso existentes (TDMA, FDMA, CDMA y sus posibles combinaciones) y Sistemas empleados en los estándares 802.11 (*Wi-Fi*), 802.16a (WiMAX) y 802.20 (MBWA) (OFDMA, MC-CDMA y *Single Carrier FDMA*).

Para Dahlman, Parkvall & Skold (2014, 60), las técnicas multi-antena proveen mayor diversidad contra la disipación en el canal de radio, mientras para Glisic (2005, 26), las combinaciones en los métodos TDMA y CDMA otorgan gran reusabilidad y descongestión de los anchos de banda disponibles, ya que en el primer método «*los usuarios comparten la misma frecuencia, pero transmiten en intervalos de tiempo disjuntos*» (Sallent, Valenzuela & Agusti, 2003, 109). No obstante, 4G también posee falencias, tales como *handoff*¹⁵, que genera interrupciones y pérdidas en las llamadas, afectando su calidad de servicio.

5. El futuro: ¿Quinta generación?

Dahlman, Parkvall & Sköld (2014, 1) señalan que la 4G LTE (*Long-Term Evolution*), proporciona un mejor soporte para la banda ancha móvil, cuya evolución hacia el año 2020, podría originar la llamada 5G. Se espera que, señala ITU (2015), la estandarización de la quinta generación móvil 5G esté implementada mediante el proceso IMT-2020, que ha propiciado las iniciativas de Corea del Sur y Estados Unidos hacia su desarrollo, así como del Reino Unido con fondos para construir el *5G innovation Centre*.

Aunque los estándares no han sido definidos, la industria tiene una idea clara acerca del enfoque de esta nueva tecnología, que GSMA Intelligence (2014, 3) resumen en:

- Debe ser capaz de permitir descargas de 1 Gbps, dando comienzo al internet multigigabit.
- La latencia debe mínimo, ubicarse en valores de 1 milisegundo.
- Debe ser ahorrador de energía, aunque aún no se ha establecido cuánto.
- Debe soportar tecnologías emergentes como *machine to machine* e internet de las cosas.

El requerimiento inicial para la implementación de 5G es el espectro de frecuencias, pues cada que se establece un nuevo estándar de telefonía

¹⁵ Corresponde al cambio de frecuencia de transmisión cuando el dispositivo móvil se mueve de una célula a otra (Kyriazakos, Soldatos & Karetsos, 2008, 125).

móvil, es necesario definir el espectro que los operadores necesitarán. La principal dificultad, afirma Best (2014), es que ya no se posee el suficiente espectro, según el análisis de telecomunicaciones realizado por la Comisión Europea: *«El espectro es y será el principal reto para el éxito y desarrollo inicial de 5G. No poseemos la cantidad necesaria en general y 5G deberá centrarse en cómo optimizar el uso del espectro»*, además del reto de encontrar una banda global para el *roaming* 5G.

Algunas soluciones para el problema planteado pueden encontrarse en los extremos superiores e inferiores de los espectros de frecuencia, ya que en el tope superior, es decir, por encima de los 30 GHz se encuentran las ondas milimétricas. El uso de estas bandas en el desarrollo de 5G es interesante y complicado al mismo tiempo, pues sus características de transmisión parecen ir acordes con las necesidades del nuevo estándar: ofrece gran ancho de banda y *beamforming* (en vez de recibirse señales de todas direcciones, se envían directamente al lugar a donde deben llegar). Sin embargo, las dificultades son explícitas, al existir muchos factores que perturban la transmisión, como lo sostienen Yilmaz & Akan (2015), quienes afirman que cuanto más alta sea la frecuencia de transmisión, más difícil se torna la propagación y generación de estas señales, debido especialmente a las distancias, ya que las ondas milimétricas no alcanzan las distancias de las ondas utilizadas en el espectro tradicional. Best (2014), indica que factores como la lluvia y la absorción de las señales en las partículas de oxígeno suponen un problema¹⁶.

Las antenas omnidireccionales actuales no realizan *beamforming*, aunque son usadas en las estaciones base, redes móviles y *wifi*. Al usar ondas milimétricas, se tiene la capacidad de poner cientos de antenas en un espacio limitado lo que permite proveer direccionamiento. Para Best (2014) *«esto implica un cambio en las dinámicas de los sistemas inalámbricos completamente. Se daría un paso entre el ambiente lleno de interferencia, donde la ubicación de la infraestructura es limitada, a un ambiente ligero de interferencia e infraestructura, en donde la señal llega a donde se le necesita»*.

Para la implementación de una red 5G basada en ondas milimétricas, es necesario determinar el tipo de antenas a utilizar. Dada la novedad del concepto, se están realizando estudios acerca de las características claves dicho tipo de antenas, incluyendo el modelo de canal, su

¹⁶ Best (2014), afirma que *«si utilizo frecuencias a 28, 38 o incluso 70 GHz, ya no se posee el exceso de absorción de oxígeno que se observa en los 60 GHz, y los canales de radio se comportan similar a como funciona la pérdida de señal en Wifi»*, así como que la atenuación a causa de la lluvia en las frecuencias mencionadas no es relevante si las células no superan el kilómetro de distancia entre ellas.

propagación, su apariencia física, como implementarlas en la tecnología actual e incluso su impacto sobre el ser humano.

Otro de los conceptos clave en el desarrollo de este nuevo tipo de redes 5G, señala Qian et al, (2015), es la definición de la arquitectura, que permita suplir las necesidades de conectividad permanente, combatiendo problemas ya conocidos desde la tercera y cuarta generación tales como el *handoff* y el consumo de energía, por lo que se propone así un diseño celular totalmente revolucionario e innovador con respecto a los modelos usados en la actualidad, constituyendo células más pequeñas e implementando tecnologías inalámbricas avanzadas tales como la multiplexación por división de frecuencia ortogonal (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*, OFDM) y el múltiple-entrada múltiple-salida (*Multiple-input Multiple-output*, MIMO).

Adicionalmente, Noura & Nordin (2016) señalan que la comunicación D2D (*Device-to-Device*), es un concepto prometedor para mejorar el rendimiento de los dispositivos permitiendo la transmisión directa, en cuanto a la reutilización del espectro, el rendimiento, el consumo de energía, la cobertura y reducir la latencia extremo a extremo, situación que permite considerarla como una de las tecnologías en red celular 5G, no obstante que la introducción de D2D a la red celular impone varios retos técnicos.

5G abre las puertas a nuevas tecnologías y al impacto de las mismas en la sociedad. La implementación de este nuevo estándar de telefonía móvil, si funciona como se espera, permitirá una conectividad nunca antes vivida en toda la historia de la humanidad... «*Si se tiene éxito en la implementación de 5G, probablemente no se necesite de un 6G*» (Best, 2014).

6. Conclusiones

La telefonía celular ha tenido un gran avance desde su no tan lejano comienzo. Esto se evidencia al ver un equipo móvil que se consideraba moderno hace pocos años, hoy lucen como piezas de antigüedad comparados con los actuales. Lo que inicialmente estuvo orientado a la comunicación y transmisión de voz, ha pasado a involucrar todo tipo de aplicaciones multimedia, transformándose en una herramienta indispensable del diario vivir... Teniendo en cuenta la evolución de sistemas y protocolos de comunicación, y la velocidad con la cual, aquellos que eran considerados a la vanguardia pasan a ser obsoletos en poco tiempo, pudiéndose deducir que apenas ha aflorado la punta del iceberg.

Las tecnologías que han permitido el servicio de la telefonía celular, desde la primera aparición del teléfono, se han basado en las técnicas de transmisión de la información ya sea de manera análoga o digital. Sin embargo, la profundización en el ámbito investigativo de las tecnologías de transmisión digitales, tales como la gran gama de modulaciones digitales, las multiplexaciones desarrolladas y los códigos de línea, ha permitido ubicar la telefonía móvil en primer plano mundial de la tecnología futurista. No es solo el hecho de estar conectado en cualquier lugar, ni lograr comunicarse con los semejantes con gran facilidad cuando se desee; sino el poder informático que se le atribuye al ser humano, el cual tiene al alcance de su mano todo el conocimiento que desee, con el toque de su dedo, podrá realizar lo que la ficción llama magia.

La expectativa hacia el desarrollo de la quinta generación de telefonía móvil, evidencia la rapidez con la que la tecnología avanza, a pesar de la existencia de países que no tienen completamente implementada 4G, los esfuerzos actuales se encaminan en determinar los estándares, tecnologías y aplicaciones que permitan soportar la generación venidera. La perspectiva que se tiene con la implementación de 5G se encamina hacia la denominada banda ancha móvil y a proveer cobertura/conectividad ilimitada, que si llegara a desarrollarse, propiciará una nueva realidad en donde no solo los teléfonos móviles y computadoras se conectan a las redes, surgiendo la materialización de ideas como internet de las cosas y conexión máquina a máquina.

Referencias bibliográficas

- AGILENT TECHNOLOGIES (2013). LTE and the Evolution to 4G Wireless: Design and Measurement Challenges. 2 ed. New York (NY, USA): John Wiley & Sons. 648 p. ISBN: 9781118358078
- ALVARADO, K. & MÉNDEZ, Y. (2014). El teléfono: Instrumento básico en la vida de todos los seres humanos. Serie Inventos: Extensión de los sentidos. Panamá (Panamá): Alfaguara. 15 p. ISBN: 978-607-11-1152-4.
- AROKIAMARY, J.V. (2009). Cellular and Mobile Communications. Maharashtra (India): Technical Publications. 468 p. ISBN: 9788184315851
- BASTERRETCHE, J.F. (2007). Dispositivos Móviles [en línea]. Trabajo de adscripción (Licenciado en Sistemas). Corrientes (Argentina): Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y agrimensura. 54 p. <<http://exa.unne.edu.ar/informatica/SO/tfbasterretche.pdf>> [consulta: 12/02/2015]
- BEKKERS, R. (2001). Mobile Telecommunications Standards: GSM, UMTS, TETRA, and ERMES. Mobile communications Series. Norwood (MA, USA): Artech House. 635 p. ISBN: 1580532500
- BEST, J. (2014). The race to 5G: Inside the fight for the future mobile as we know it [online]. San Francisco (CA, USA): Techrepublic - CBS Interactive. <<http://www.techrepublic.com/article/does-the-world-really-need-5g/>> [consult: 10/07/2015]
- CABRERA, D.H. (2006). Movimiento y conexión [en línea]. En: Política y sociedad, Vol. 43, No. 2. Madrid (España): Universidad Complutense de Madrid. p. 91-105. e-ISSN: 1988-3129 <<http://revistas.ucm.es/index.php/POSO/article/view/POSO0606220091A/22542>> [consulta: 20/02/2015]

- CASTELLÓN RUIZ, P. (2011). Cuarta generación de tecnologías de telefonía móvil (4G) [en línea]. En: Comunicaciones Industriales Avanzadas, Curso 2011-2012. Madrid (España): Universidad Pontificia de Comillas, Escuela Técnica Superior de Ingeniería. <<https://www.yumpu.com/es/document/view/35561154/21documento-entrega27-04-ok-universidad-pontificia-comillas/3>> [consulta: 20/02/2015]
- COX, C. (2012). An introduction to LTE: LTE, LTE-Advanced, SAE and 4G Mobile Communications. 2 ed. Chennai (India): John Wiley & Sons. 324 p. ISBN: 9781119970385
- DAHLMAN, E.; PARKVALL, S. & SKÖLD, J. (2014). LTE / LTE-Advanced for Mobile Broadband. 2 ed. Waltham (MA, USA): Academic Press. 544 p. ISBN: 978-0-12-419985-9
- ERICSSON (2011). LTE – A4G Solution. Ericsson Whitepaper. [en línea]: Ericsson.com, Estocolmo (Suecia). 9 p. <http://www.ramonmillan.com/documentos/bibliografia/4G_Ericsson.pdf> [consulta: 16/03/2016]
- ESPINO NARVÁEZ, C. & MARTÍN PENA, D. (2012). Las radios universitarias, más allá de la radio: las TIC como recursos de interacción radiofónica. Barcelona (España): UOC. 296 p. ISBN: 9788497889896
- FRANKLIN, J. (2014). An Introduction to Cellular Security [en línea]: 117 p. <<http://player.slideplayer.com/12/3359771/#>> [consulta: 15/03/2016]
- FERNÁNDEZ LÓPEZ, A.; GONZÁLEZ LÓPEZ, D. & RUBIO LARA, A. (2002). Telefonía Móvil: Transmisión y redes de datos [en línea]: Huelva (España): Universidad de Huelva. 57 p. <http://www.uhu.es/fernando.gomez/transydat_archivos/Movil.PDF> [consulta: 11/11/2015]
- GARCÍA ARETIO, L. (2009). ¿Por qué va ganando la educación a distancia? Madrid (España): UNED. 419 p., ISBN: 978-84-362-5879-0).
- GARCÍA PÉREZ, J.A. (1998). 3. Telefonía móvil de gupo cerrado: Pasado, presente y futuro. En: REY, Eugenio (coord.) (1998). Telecomunicaciones móviles. 2 ed. Serie: Mundo Electrónico. Barcelona (España): Marcombo S.A. p. 29-39. ISBN: 84-267-1149-9
- GARCÍA, C.A. & OSORIO DÍAZ, J. (2011). Análisis comparativo de las principales tecnologías para envío y transmisión de datos en redes móviles para el año 2016 [en línea]. Monografía (Ingeniero de Sistemas y Computación). Pereira (Colombia): Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ingenierías. 64 p. <<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/2472/1/00416G216.pdf>> [consulta: 12/02/2015].
- GLISIC, S.G. (2005). Advanced Wireless Communications: 4G Technologies. Chichester (UK): John Wiley & Sons. 878 p. ISBN: 978-0-470-01593-3
- GOGGIN, G. (2012). Cell Phone Culture: Mobile Technology in Everyday Life. New York (USA): Routledge. 240 p. ISBN: 978-0-415-36743-1
- GONZÁLEZ GUTIÉRREZ, E.; GUILLÉN RUIZ, A. & MONTIEL ROMERO, M. (2004). Evolución de la telefonía celular en México, GSM y TDMA Ericsson [en línea]. Reporte técnico (Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica). México D.F. (México): Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. 205 p.
- GSMA INTELLIGENCE (2014). Understanding 5G: Perspectives on future technological advancements in mobile [online] Walbrook (UK): GSMA Intelligence. 26 p. <<https://gsmaintelligence.com/research/?file=141208-5g.pdf&download>> [consult: 20/10/2015]
- GUGERLI, D. (1997). ¿La expansión del mundo hacia la aldea mundial? Borrar fronteras y construir límites con los medios telecomunicativos [en línea]. En: Modernidad y nuevas tecnologías, Vol. 43, No. 2. México D.F (México): Centro para la Innovación Tecnológica de la UNAM. p. 20-38. <<http://www.revistasociologica.com.mx/pdf/3502.pdf>> [consulta: 20/03/2015]
- HUIDOBRO, J.M. (2005). El teléfono: de los orígenes a la actualidad [en línea] Madrid (España): Foro histórico de las Telecomunicaciones (Colegio Oficial Ingenieros de Telecomunicación y Asociación Española Ingenieros de Telecomunicación). 9 p. <http://forohistorico.coit.es/index.php/sendas/tecnologica-en-espana?task=callelement&format=raw&item_id=540&element=68f6e428-65ca-48a4-b69b-c489d9167585&method=download> [consulta: 12/02/2015]
- INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION, ITU (2015). IMT for 2020 and beyond [online]. Geneva (Switzerland): International Telecommunication Union <<http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-2020/Pages/default.aspx>> [consult: 15/11/2015]
- KORHONEN, J. (2003). Introduction to 3G Mobile Communications. 2 ed. Norwood (USA): Artech House Publishers. 568 p. ISBN: 978-1580535076

- KUMAR, S. (2008). *Wireless and Mobile Communication*. New Delhi (India): New Age International. 338 p. ISBN: 978-8122423549
- KYRIAZAKOS, S.; SOLDATOS, I. & KARETSOS, G. (2008). *4G Mobile and Wireless Communications Technologies*. Aalborg (Denmark): River Publishers. 380 p. ISBN: 978-87-92329-02-8
- LARA TAPIA, J.C. (2006). Conceptos básicos de telefonía celular [en línea]. Monografía (Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones), Pachuca de Soto (Hidalgo, México): Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 114 p. <<http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/231104/536/1/Conceptos%20telefon%C3%ADa%20celular.pdf>> [consulta: 12/11/2015]
- LEÓN JUÁREZ, G. (2007). Avances tecnológicos en la telefonía celular [en línea]. Monografía (Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones). Pachuca de Soto (Hidalgo, México): Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 108 p. <<http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/356/Avances%20tecnologicos%20telefon%C3%ADa%20celular.pdf?sequence=1>> [consulta: 12/11/2015]
- LIZÓN GONZÁLEZ, R. (2001). Guía para el desarrollo de aplicaciones GSM basadas en el Sistema de Señalización N°7 [en línea]. Trabajo Fin de carrera (Ingeniero en Telecomunicación). Valencia (España): Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación. 105 p. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/19023/Memoria_Lizon_Gonzalez_Roberto.pdf> <<https://riunet.upv.es/handle/10251/19023>> [consulta: 12/11/2015]
- MANOSALVAS BARRIGA, H.V. & SANTAMARÍA NARANJO, A.L. (2012). Estudio, diseño y simulación de una red LTE (long term evolution) para telefonía móvil en los valles de Tumbaco y los Chillos utilizando software predictivo [en línea]. Tesis (Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones). Tumbaco (Ecuador): ESPE sede Salgolquí, <<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/5547>> [consulta: 17/11/2015]
- MANSO, F.J. (2015). Análisis de modelos de negocios basados en big data para operadores móviles [en línea]. Tesis (Magíster en Gestión de servicios tecnológicos y telecomunicaciones). Buenos Aires (Argentina): Universidad de San Andrés. 87 p. <<http://repositorio.udes.edu.ar/jspui/bitstream/10908/10920/1/%5bP%5d%5bW%5d%20T.%20M.%20Ges.%20Manso%2c%20Fernando.pdf>> [consulta: 15/12/2015]
- MARE, R. (2003). Introducción a la telefonía celular [en línea]. Rosario (Santa Fe, Argentina): Universidad Nacional del Rosario, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Área de Comunicaciones eléctricas. 24 p. <http://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-09-27_04-22-11110892.pdf> [consulta: 15/11/2015].
- MARTÍNEZ, E. (2001). La evolución de los teléfonos celulares [en línea]. Bilbao (España): Adecom, Avanzados Desarrollos en Comunicaciones y Tecnologías. 6 p. <http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-06-07_11-09-01104649.pdf> [consulta: 20/03/2015].
- MASHIPOUR, M. & AGBINYA, J.I. (2009). 1. Part I: Overview of WiMAX Cellular Technology. In: AGBINYA, J.I. (ed.). *Planning and Optimization of 3G and 4G Wireless Networks*. Aalborg (Denmark): River Publishers. p. 33-65. ISBN: 978-87-92329-24-0
- MAYORAL PALACIOS, E. (2004). Redes inalámbricas de 2G, 2.5 G, y 3G [en línea]. Tesis Licenciatura (Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones). Cholula (Puebla, México): Universidad de las Américas, Escuela de Ingeniería. 195 p. <http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/mayoral_p_e/> [consult: 20/03/2015]
- MISHRA, Ajay R. (2004). *Fundamentals of Cellular Network Planning and Optimisation: 2G/2.5G/3G... Evolution to 4G*. Chichester (UK): John Wiley & Sons. 308 p. ISBN: 978-0-470-86267-4
- MOLINA GIL, J.; CABALLERO GIL, P. & FÚSTER SABATER, A. (2014). Análisis e implementación del generador SNOW 3Gutilizado en las comunicaciones 4G [en línea]. En: XIII Reunión Española sobre Criptología y Seguridad de la Información, RECSI 2014 (02-05/09/2014). Alicante (España): Grupo de Criptología y Seguridad Computacional, Universidad de Alicante. Actas RECSI 2014. p. 51-56. ISBN: 978-84-9717-323-0 <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/40395/1/RECSI-2014_12.pdf> [consulta: 012/03/2016]
- NACIONES UNIDAS (2008). *La inversión extranjera en América Latina y el Caribe 2007* [en línea]. Santiago de Chile (Chile): Naciones Unidas. 228 p. ISBN: 978-92-1-323173-9. <http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/1135/S0800084_es.pdf?sequence=1>

- NOURA, M. & NORDIN, R. (2016). A Survey on Interference Management for Device-to-Device (D2D) Communication and its Challenges in 5G Networks [online]. In: Journal of Network and Computer Applications, in Press, Accepted Manuscript, Available online 27 April 2016. Amsterdam (Netherlands): Elsevier. ISSN: 1084-8045 <doi:10.1016/j.jnca.2016.04.021> <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1084804516300753> [consult: 03/05/2016]
- POOLE, I. (2006). Cellular Communications Explained: From Basics to 3G. Amsterdam (The Netherlands): Elsevier. 214 p. ISBN: 9780080456324
- PRIEDE BERGAMINI, T. & MARTÍN DE BERNARDO GONZÁLEZ, C. (2007). Marketing móvil: una nueva herramienta de comunicación. Análisis y nuevas perspectivas para el mercado español. La Coruña (España): Netbiblo. 144 p. ISBN: 978-84-9745-182-6.
- QIAN, M.; WANG, Y.; ZHOU, Y.; TIAN, L. & SHI, J. (2015). A super base station based centralized network architecture for 5G mobile communication systems [online]. In: Digital Communications and Networks, Vol. 1, No. 2 (apr). Philadelphia (PE, USA): Elsevier B.V. p. 152-159. ISSN: 2352-8648. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dcan.2015.02.003> <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352864815000073> [consult: 20/11/2015]
- RAMÍREZ PINO, R. (2008). El teléfono móvil y la vida cotidiana: Análisis del caso de las personas mayores en la ciudad de Barcelona [en línea]. Tesis (Doctor en Comunicación Audiovisual). Bellaterra (España): Universidad Autónoma de Barcelona, Departamento de Comunicación Audiovisual y Publicidad. 522 p. <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/4156/rp1de1.pdf;jsessionid=83956C5F3FDD35626A29C05F317B3923.tdx1?sequence=1> [consulta: 20/03/2015]
- RODRÍGUEZ VACA, C.F. (2006). Diseño e implementación de un sistema de control domiciliar vía SMS por celular [en línea]. Tesis (Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones). Tumbaco (Ecuador): ESPE sede Salgoquí, <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/622> [consulta: 17/11/2015]
- ROJAS ZAGALS, D. (2009). Telefonía Móvil 3G: una tecnología que avanza para quedarse atrás [en línea]. Valparaíso (Chile): Universidad Técnica Federico Santa María, Departamento de Electrónica. <http://profesores.elo.utfsm.cl/~agv/elo322/1s09/project/reports/telefonía%20movil%203G.pdf> [consulta: 20/03/2015].
- RUELAS, A.L. (2010). El teléfono celular y las aproximaciones para su estudio [en línea]. En: Comunicación y Sociedad, No. 14 (jul-dic). Guadalajara (Jalisco, México): Universidad de Guadalajara, Departamento de Estudios de la Comunicación Social. p. 143-167. ISSN: 0188-252X <http://www.scielo.org.mx/pdf/comso/n14/n14a6.pdf> [consulta: 20/11/2015]
- SALLET ROIG, O.; VALENZUELA, J.L. & AGUSTI COMES, R. (2003). Principios de comunicaciones móviles. Barcelona (España): Ediciones de la Universidad Politécnica de Catalunya. 226 p. ISBN: 9788483017159
- SAUTER, M. (2013). 3G, 4G and Beyond: Bringing Networks, Devices and the Web Together. 2 ed. Chichester (UK): John Wiley & Sons. 378 p. ISBN: 978-1118341483
- SAUTER, M. (2014). From GSM to LTE-Advanced: An Introduction to Mobile Networks and Mobile Broadband. 2 ed. Chichester (UK): John Wiley & Sons. 456 p. ISBN: 978-1-118-86195-0
- SERRANO SANTOYO, A.; CABRERA FLORES, M.r; MARTÍNEZ MARTÍNEZ, E. & GARIBAY RUIZ, J. (2010). Digitalización y convergencia global. North Charleston (South Carolina, USA): Create Space Independent Publishing Platform. 128 p. ISBN: 1449901059.
- STÜBER, G.L. (2011). Principles of Mobile Communication. 2 ed. Atlanta (USA): Springer. 752 p. ISBN: 978-1-4614-0364-7
- SZYMANCZYK, O. (2013). Historia de las Telecomunicaciones mundiales. Buenos Aires (Argentina): Dunken. 312 p. ISBN: 9789870267478
- VELASCO MARTOS, N. (2005). Sistema embebido para la conexión de un PLC Siemens S7-200 a la red GSM [en línea] Proyecto Fin de carrera (Ingeniero en Telecomunicaciones). Sevilla (España): Universidad de Sevilla, Escuela Superior de Ingenieros. 146 p. <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11141/fichero/PFC%252F4+Red+GSM.pdf> [consulta: 20/03/2015].
- YILMAZ, T. & AKAN, O.B. (2015). On the use of low terahertz band for 5G indoor mobile networks [online]. In: Computers & Electrical Engineering, Vol. 48 (nov), Philadelphia (PE, USA): Elsevier B.V. p. 164-173. ISSN: 0045-7906. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compeleceng.2015.06.012> <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045790615002165> [consult: 12/11/2015]